

Tilburg University

Autopoiesis, chaos en zelforganisatie in de bedrijfskunde

Romme, A.G.L.; van Witteloostuijn, A.

Published in:
Bedrijfskunde: Tijdschrift voor Modern Management

Publication date:
1997

[Link to publication in Tilburg University Research Portal](#)

Citation for published version (APA):
Romme, A. G. L., & van Witteloostuijn, A. (1997). Autopoiesis, chaos en zelforganisatie in de bedrijfskunde. *Bedrijfskunde: Tijdschrift voor Modern Management*, 69(2), 63-71.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

AUTOPOIESIS, CHAOS EN ZELFORGANISATIE IN DE BEDRIJFSKUNDE

OUDE WIJN IN NIEUWE ZAKKEN?

* DR. A.G.L. ROMME EN PROF. DR. A. VAN WITTELOOSTUIJN*

INLEIDING

In de afgelopen tien jaar zijn begrippen als autopoiesis, chaos en zelforganisatie een steeds belangrijkere rol gaan spelen in het onderzoek naar dynamische processen in organisaties, markten en bedrijfstakken (Burgelman, 1983; Freedman, 1992; Goldstein, 1988; Levy, 1994; Nonaka, 1988; Peters, 1991; van Witteloostuijn & van Lier, 1990; Wijnberg & Janszen, 1993). Een aantal auteurs betoogt zelfs dat dit soort begrippen oudere termen zoals 'strategie' en 'strategische verandering' kunnen en (zouden) moeten vervangen (Huff, Huff & Thomas, 1992). In kringen van zowel wetenschappelijke onderzoekers als organisatieadviseurs heeft deze gedachte wortel geschoten. De redenering achter deze stellingname is in het kort de volgende.

Het denken in termen van autopoiesis, chaos, zelforganisatie en gerelateerde begrippen is vooral ontwikkeld als een reactie op de relatief statische contingentiebenadering, die van oudsher uitgaat van de veronderstelling dat bestaande evenwichten (contingenties of configuraties) worden hersteld of dat

nieuwe evenwichten in de toekomst zullen ontstaan (Burns & Stalker, 1961; Hannan & Freeman, 1977). In de ontwikkeling van contingentie- naar neocontingentiedenken zijn beheersing en strategische keuze als additionele metaforen geïntroduceerd, zonder de genoemde evenwichtsveronderstellingen verder ter discussie te stellen (Bourgeois, 1984; Morgan, 1986). De 'zelforganisatiebenadering' is daarentegen gebaseerd op de gedachte dat veranderingsprocessen in economische en sociale systemen fundamenteel onbepaald zijn. Deze benadering wordt derhalve ook wel de *ver-van-evenwicht*benadering genoemd (Jantsch, 1980; Goldstein, 1988; Stacey, 1993), om het contrast met de traditionele evenwichtsgedachte te benadrukken.

In hoeverre is deze benadering echter wezenlijk verschillend van de genoemde (neo)contingentiebenadering die het denken over organisaties nog altijd domineert? Met andere woorden: is deze benadering oude wijn in nieuwe zakken, of betreft het een wezenlijk nieuw raamwerk? In dit artikel wordt getracht op deze vragen een antwoord te geven. Een bijproduct van deze poging is een kort overzicht van de literatuur. We beginnen met een bespreking van twee stromingen in de lite-

SAMENVATTING

In de afgelopen tien jaar zijn begrippen als autopoiesis, chaos en zelforganisatie een steeds belangrijkere rol gaan spelen in de organisatiewetenschappen, vooral als reactie op de (neo)contingentiebenadering gebaseerd op het denken in evenwichten. Termen als autopoiesis, chaos en zelforganisatie kunnen derhalve onder de gemeenschappelijke noemer van de zogenoemde ver-van-evenwichtbenadering worden verzameld. In hoeverre is hier

sprake van oude wijn in nieuwe zakken, met andere woorden, in hoeverre betreft het een wezenlijk nieuw raamwerk? Eerst worden de mathematische en de conceptuele benadering van ver-van-evenwichtvraagstukken besproken. Daarna volgt een korte bespreking van enkele belangrijke implicaties. Het blijkt dat de ver-van-evenwichtbenadering in staat is om een brede waaier van bestaande concepten en inzichten in een integratief kader te plaatsen.

* DR. A.G.L. ROMME IS VERBONDEN AAN DE UNIVERSITEIT MAASTRICHT, VAKGROEP MANAGEMENTWETENSCHAPPEN, SECTIE ORGANISATIE.

PROF. DR. A. VAN WITTELOOSTUIJN IS VERBONDEN AAN DEZELFDE SECTIE.

ratuur, namelijk de mathematische en de conceptuele benadering van ver-van-evenwichtvraagstukken. Daarna volgt een korte bespreking van enkele belangrijke implicaties voor organisaties in de praktijk, en wordt een antwoord op de centrale vraag gegeven. De rest van dit artikel draagt een illustratief karakter, zonder recht te doen aan de rijkdom van details en inzichten die de inmiddels omvangrijke literatuur heeft opgeleverd.

Met enige nadruk dient te worden gesteld dat dit artikel vooral een vergelijking omvat tussen twee ver-van-evenwichtbenaderingen die beide zijn ontstaan als reactie op het (neo)contingentiedenken. Een vergelijking met het (neo)contingentiedenken zelf komt hier niet uitvoerig aan de orde, maar we zullen wel enkele implicaties voor het contingentiebegrip bespreken.

VOORSPELBAAR OF ONVOORSPELBAAR?

Vanuit een organisatiekundig perspectief staan van oudsher de mogelijkheid tot sturing en beheersing van organisaties centraal. De veelal impliciete veronderstelling die daarbij wordt gehanteerd, is dat zowel de korte- als de lange-termijntwikkeling van organisaties beïnvloedbaar is (Ansoff, 1984; Johnson & Scholes, 1993). Aan deze veronderstelling ligt een fundamentele gedachtegang ten grondslag, namelijk dat de ontwikkeling van organisaties en hun omgevingen *voorspelbaar* is (Stacey, 1991). In feite worden organisatorische en strategische processen gezien als voorspelbare, of in ieder geval niet terzake doende, 'vullingen' tussen twee toestanden (Jantsch, 1980; Wijnberg & Janszen, 1993). Met andere woorden: organisaties, en de systemen waarvan zij deel uitmaken, bevinden zich in een bepaalde evenwichtstoestand of zijn op weg naar een dergelijke toestand. In systeemtheoretische zin is dit alleen mogelijk wanneer de terugkoppelingen in de betreffende systemen uitsluitend negatief zijn, waardoor eventuele fluctuaties in het systeem worden gedempt in plaats van versterkt.

Aan de legitimiteit van deze veronderstellingen wordt echter in toenemende mate getwijfeld in het licht van de empirische observaties terzake de lange-termijntwikkeling van ondernemingen, het prijsverloop op vele markten, de bewegingen van de algehele conjunctuur of de fluctuaties van beurskoersen (Cartwright, 1991; Hommes, 1995; Peters, 1991; Stacey, 1993). Wanneer dit soort veronderstellingen wordt losgelaten, betreden we het terrein van de zogenaamde *ver-van-evenwicht*situaties. Deze situaties zijn te karakteriseren met behulp van een drietal begrippen: autopoiesis, chaos en zelf-organisatie. Deze begrippen vinden, historisch gezien, hun oorsprong in een tweetal ontwikkelingen in de bètawetenschappen. De eerste ontwikkeling is te vinden in de chemie, meteorologie, natuurkunde en diverse andere disciplines waarin veel gebruik wordt gemaakt van geavanceerde wiskundige modellen. Hierbij heeft de wiskunde als gemeenschappelijke voertaal de ontwikkeling over en weer versneld (Gleick, 1988). Deze ontwikkeling zullen we verder de *mathematische* benadering noemen.

Daarnaast is vooral de idee van autopoiesis of zelforganisatie ook ontwikkeld in de biologie, waarbij de nadruk vooral is komen te liggen op de kentheoretische en paradigmatische kenmerken van de nieuwe concepten (Maturana & Varela, 1980). Deze ontwikkeling duiden wij in het vervolg aan als de *conceptuele* benadering.

MATHEMATISCHE BENADERING: CHAOS EN ZELFORGANISATIE

Chaos als begrensde instabiliteit

In de jaren zestig en zeventig kwam de mathematische benadering van chaos in een groot aantal vakgebieden – zoals de chemie, ecologie, meteorologie, natuurkunde en wiskunde – tot ontwikkeling (Gleick, 1988). De aanleiding was veelal het falen van voorspelmethoden met betrekking tot in principe volledig deterministische systemen. Het standaardvoorbeeld van dergelijke systemen is het weer, in het bijzonder het beroemde 'vlindereffect'. De term chaos werd de centrale metafoer om systemen te beschrijven die zowel stabiel als instabiel zijn (Gleick, 1988; Stacey, 1993). Deze gecombineerde stabiliteit-instabiliteit kan temporeel en intertemporeel van aard zijn. In de eerste plaats kunnen 'chaotische' systemen plaatselijk instabiel (en dus onvoorspelbaar) zijn, maar tegelijkertijd stabiel op een globaal niveau. In bij voorbeeld de meteorologie blijken de weersomstandigheden op lokaal niveau uiterst instabiel te zijn (regenachtig en bewolkt weer kan plotseling omslaan in zonnig weer), terwijl op een globaal niveau stabiliteit overheerst (in de winter komt de temperatuur niet boven een bepaalde grens). In de tweede plaats kunnen perioden van stabiliteit worden afgewisseld met instabiele tijdvakken. Beurskoersen laten bijvoorbeeld zien dat maanden met stabiele koersen plotseling kunnen worden onderbroken door weken met sterke fluctuaties. Daarom wordt chaos ook wel gedefinieerd als een situatie van *begrensde instabiliteit* (Stacey, 1993), in ruimte (temporeel) en tijd (intertemporeel).

Dit soort processen kan optreden wanneer de terugkoppelingen niet-lineair zijn: dat wil zeggen dat bij voorbeeld een verandering in conditie A een niet-proportioneel en wisselend effect heeft op uitkomst B. In een systeem waarin naast dempende (negatieve) ook versterkende (positieve) terugkoppelingen optreden, kan niet-lineariteit leiden tot chaotische patronen. Het zijn dus deze niet-lineariteiten die systemen binnen bepaalde grenzen chaotisch kunnen maken: niet-lineaire dynamiek is een noodzakelijke, maar overigens geen voldoende conditie. De eigenschappen van niet-lineaire systemen met een chaotisch interval kunnen worden geïllustreerd aan de hand van een concrete wiskundige formulering. Het vertrekpunt is een eerste-orde differentiaalvergelijking (May, 1976):

$$x_{t+1} = f(x_t)$$

Deze vergelijking kan met chaotische trajecten van variabele x (bij voorbeeld productprijzen of beurskoersen) zijn geassocieerd indien de functie f een (niet-lineaire) \cap -vorm heeft met voldoende steile hellingen. Van het verloop van dergelijke 'chaotische' differentiaalvergelijkingen geven van Witteloostuijn en van Lier (1990) concrete voorbeelden. Overigens kunnen ook systemen van of met dergelijke niet-lineaire differentiaalvergelijkingen chaotische trajecten kennen. Daarnaast is het bestaan van chaos niet beperkt tot de klasse van eerste-orde differentiaalvergelijkingen. Ook differentiaalvergelijkingen kunnen bij voorbeeld geassocieerd zijn met chaotische uitkomsten.

Een definitie van 'mathematische chaos' is niet eenvoudig te geven (Baumol & Benhabib, 1989). Zonder in te gaan op de precieze mathematische eigenschappen van 'chaotische' systemen (Kelsey, 1986), kan een drietal kenmerkende eigenschappen worden aangegeven.

1. De uitkomsten van het dynamische proces (in de vorm van een tijdreeks van variabele x) zijn uiterst gevoelig voor de begincondities.
2. Chaotische regimes, in de vorm van niet-repetitieve patronen van variabele x over een specifieke tijdsperiode, treden op voor specifieke intervallen van parameterwaarden.
3. Het patroon van de variabele x vertoont plotselinge kwalitatieve breuken in de zin dat perioden van ogenschijnlijke regelmaat worden onderbroken door tijdsintervallen zonder regelmaat.

Deze drie eigenschappen worden nader geïllustreerd door van Witteloostuijn en van Lier (1990) en van Witteloostuijn & Boone (1996).

Het resultaat van de drie eigenschappen van chaotische systemen is een econometrisch dilemma. Een belangrijke bijdrage van de mathematische analyse van chaotische systemen is dat duidelijk is geworden dat *deterministisch* chaotisch gedrag onder specifieke omstandigheden optreedt, terwijl onder andere omstandigheden het systeem naar een evenwicht tendeeft (Gleick, 1988). Dat maakt het leven voor voorspellers niet eenvoudiger. Een wiskundige analyse van een systeem kan deze voorspellers echter twee inzichten bieden: (1) kent het systeem niet-lineariteiten met een chaotisch parameterinterval?; en (2) zo ja, welke parameterwaarden zijn geassocieerd met chaotische uitkomsten? Uiteraard is kennis van de antwoorden op deze twee vragen nuttig, maar onvoldoende: enerzijds, omdat ook stochastische processen een partijtje kunnen meeblazen; anderzijds, omdat het schatten van de werkelijke parameterwaarden alles behalve een sinecure is. Daarnaast kunnen systemen zich tijdelijk binnen of buiten het chaotische interval bevinden, aangezien parameterwaarden intertemporeel kunnen variëren. Desalniettemin kan deze benadering voorspellers behulpzaam zijn door hen een idee te geven wanneer zij meer of minder op hun voorspellingen kunnen vertrouwen

(Wijnberg & Janszen, 1993).

De term zelforganisatie speelt in de mathematische benadering als geheel een wat ondergeschikte rol, en is vooral door de chemicus Prigogine ontwikkeld. In zijn onderzoek naar chemische reactiesystemen ontdekte Prigogine (1980) zogenaamde dissipatieve structuren, en het ordeningsprincipe van *orde door fluctuatie* dat hieraan ten grondslag ligt. Een dissipatieve structuur is een geordende toestand waarin kleine fluctuaties leiden tot het ontstaan van een nieuwe structuur die daarna niet meer door latere kleine fluctuaties teniet kan worden gedaan (Prigogine, 1980). Deze structuur wordt dissipatief genoemd omdat continue energie-uitwisseling met de buitenwereld nodig is om deze structuur te handhaven. Het principe van orde door fluctuatie wordt zelforganisatie genoemd (Nicolis & Prigogine, 1977; Prigogine, 1980). Alle levende biologische systemen kunnen aldus als zelfgeorganiseerde systemen worden bestempeld (Wijnberg & Janszen, 1993).

Toepassingen van chaostheorie

De toepassingen van de wiskundige chaostheorie zijn voornamelijk te vinden in de econom(etr)ie. Grosso modo kunnen drie groepen van toepassingen worden onderscheiden: a. *macromodellen* die vooral gericht zijn op de verklaring van chaotische patronen in geaggregeerde tijdreeksen; b. *micromodellen* waarin chaotische patronen het gevolg zijn van de 'niet-lineaire' gedragingen van individuele agenten; en c. de ontwikkeling van *econometrische* toetsmethodologieën. Macromodellen vormen de populairste toepassingen. Inmiddels bestaat een forse voorraad van modellen waarin niet-lineariteiten chaotische conjunctuur- of groeicycli genereren: na het pionierswerk van Benhabib & Day in 1980 (en 1982) wordt deze voorraad nog regelmatig aangevuld (zie bij voorbeeld Jarsulic, 1993). De tweede groep van toepassingen – micromodellen – betreft een beperkter aantal wiskundige modelleringen van niet-lineair economisch gedrag van bedrijven en/of consumenten – bij voorbeeld ten gevolge van \cap -vormige nutsfuncties die het keuzegedrag van consumenten verondersteld worden te sturen (Granovetter & Soong, 1986; Iannaccone, 1989). In de derde plaats is binnen de econometrie een speurtocht begonnen naar toetsmethodologieën waarmee deterministische chaos – en de bijbehorende parameterintervallen – empirisch kan (kunnen) worden getraceerd (Brock, 1986).

Voorzover ons bekend bestaan binnen de organisatie-wetenschappen vrijwel geen mathematische modellen van chaotisch gedrag van en/of binnen organisaties (een uitzondering vormt Levy, 1994). Slechts een deel van de micromodellen heeft een niet-lineair karakter in de zin dat ten gevolge van \cap -vormige reactiefuncties in Cournot-duopoliespellen chaotische concurrentiepatronen kunnen worden gegenereerd (Rand, 1978; Dana & Montrucchio, 1986; van Witteloostuijn & van Lier, 1990). Een belangrijke implicatie van de mathematische chaostheorie

is dat oorzaken en gevolgen gescheiden zijn in ruimte en tijd. Zelfs in een eenvoudig niet-lineair systeem waarin variabele A een niet-proportionele en versterkende invloed heeft op variabele B, en B op zijn beurt weer op A, gaat het zicht op het directe verband tussen A en B verloren in de werking van het systeem. Dat impliceert ook dat *specifieke* (lokale) toekomstige toestanden van A of B niet zijn te voorspellen, met uitzondering van toestanden die in ruimte en tijd dicht bij de huidige toestand zijn gelegen. Sturing en aanpassing van het systeem kunnen derhalve alleen plaatsvinden door middel van (h)erkenning van de kwalitatieve patronen die zich in loop der tijd voordoen (Stacey, 1993).

CONCEPTUELE BENADERING: AUTOPOIESIS EN ZELFORGANISATIE

De conceptuele stroming vindt haar oorsprong in diverse disciplines. Van oudsher bestaat bij voorbeeld een omvangrijke sociotechnische literatuur over zelforganisatie op operationeel niveau, met name in de vorm van (semi-)autonome taakgroepen (vgl. Molleman & van der Zwaan, 1994). In het algemeen is deze literatuur echter niet of nauwelijks ingebed in de sociaal-wetenschappelijke tak van de organisatiewetenschappen, mede door het ontwerpgerichte karakter van de sociotechniek. Dit geldt ook voor bij voorbeeld de literatuur over zelfmanagement (Rovers, 1992; Stanton, 1989).

In dit verband is de ontwikkeling van de zogenoemde autopoiesisbenadering van groot belang. Deze benadering is terug te voeren op het werk van de Chileense biologen Maturana en Varela. Maturana en Varela hadden hun inzichten al veel eerder in het Chileens gepubliceerd, maar pas in 1980 werd hun theorie voor een internationaal publiek toegankelijk via de uitgave van een Engelstalig boek. Maturana en Varela hebben het begrip 'autopoiesis' geïntroduceerd, in eerste instantie zonder een expliciete relatie met het zelforganisatieconcept (hoewel beide begrippen, zoals we verderop zullen zien, compatibel zijn). Autopoiesis betekent kortweg *zelfconstitutie*, en verwijst naar het vermogen van levende systemen om hun eigen 'organisatie te organiseren' (Maturana & Varela, 1980; Zeleny, 1981). De term 'organisatie' heeft hier betrekking op de zogenaamde 'dieptestructuur' die het systeem maakt tot wat het is, ofwel het een identiteit verleent (Probst, 1987). Met autopoiesis trachten Maturana & Varela (1980) te verklaren hoe een systeem zijn eigen identiteit behoudt wanneer verschillende elementen van het systeem in een continue interactie met de omgeving staan. Het autopoiesisconcept is ontwikkeld als een reactie op de dominantie van het denken in termen van open systemen binnen de biologie (Blom, 1988).

Een kikker heeft bij voorbeeld het bijzondere vermogen om *die* bedreigingen en kansen in de omgeving waar te nemen die zich voordoen als snelle – en plotselinge – bewegingen. Kikkers zijn daardoor wel in staat om snel bewegende objecten (zoals vliegen) te vangen, maar zijn niet bij machte om trage

bewegingen – zelfs niet die van grote objecten op een korte afstand (zoals een mensenhand) – waar te nemen. Aldus kunnen kikvorsen worden beschouwd als systemen die in sommige opzichten open zijn (voor snelle prikkels), maar in andere opzichten gesloten (voor trage signalen). Dit soort systemen zijn slechts in beperkte mate in staat om de toekomst te voorspellen omdat de interactie tussen de gesloten diepere structuur enerzijds en de stochastische dynamiek van de omgeving anderzijds *onbepaald* is. Voor sociale systemen zoals een onderneming betekent autopoiesis dat het cognitieve en zingevende (deel)systeem van de onderneming gesloten is en zijn eigen realiteit construeert. Dit verschijnsel wordt ook wel aangeduid met de term 'zelfreferentie' (Probst, 1987; Simcic Bronn, von Krogh & Vicari, 1993).

Autopoiesis in de sociale wetenschappen

Het autopoiesisconcept is met name via het werk van de socioloog Luhmann (1984) in de sociale wetenschappen doorgedrongen. Luhmann gebruikt het concept van autopoiesis om een principieel dynamisch perspectief op sociale systemen te ontwikkelen. Sociale systemen bestaan daarbij uit tijdelijke elementen die elkaar in de loop der tijd opvolgen. Deze elementen bestaan vooral uit *communicaties*. Elke communicatie bestaat uit een 'act' van mededeling. Deze 'act' is meegedeelde informatie en/of een uiting van begrip door degene aan wie de mededeling is gericht. De uiting van begrip van de laatstgenoemde kan op zijn beurt tot een reactie leiden, die vervolgens weer een nieuwe 'act' initieert, enzovoort. Vanuit dit perspectief bestaan sociale systemen uit zichzelf voorstuwende processen, waarin de ene communicatie tot de andere leidt (Blom, 1988; Luhmann, 1984). Met alleen communicaties als element zijn sociale systemen fundamenteel instabiel. Derhalve ontwikkelt een sociaal systeem stabilisatiestrategieën die deze instabiliteit begrenzen, bij voorbeeld in de vorm van het vastleggen van bevoegdheden en informatie (Luhmann, 1984).

De wanorde die sociale systemen nodig hebben als katalysator van hun dynamiek en evolutie, is volgens deze visie dus op *dubbele* communicatie gebaseerd. Om een eenheid te vormen, heeft de ene communicatie de andere communicatie nodig. Pas door de uiting van de volgende communicatie kan duidelijk worden of de voorafgaande is 'begrepen'. Bovendien hebben de deelnemers in elke communicatie elkaar nodig omdat de ene persoon in principe vrijelijk kan kiezen wat hij wil meedelen, en de ander vrij is in zijn interpretatie van de mededeling (Blom, 1988). Wellicht vormt het niet respecteren van dit grondprincipe in communicatieprocessen een verklaring voor het mislukken van veel veranderingsprojecten in organisaties. Luhmann (1984) verwijst wat dit betreft naar een ervaring die vrijwel iedereen goed kent: waarachtigheid betuigen is bij uitstek de manier om de verdenking van onwaarachtigheid op zich te laden. Gecommuniceerde 'waarheid' keert zich immers vaak tegen zichzelf omdat deze dubbele contin-

gentie probeert uit te sluiten, maar daarmee ook communicatie onmogelijk maakt. Voor communicatie is essentieel dat het medegedeelde als een mogelijkheid en niet als waarheid wordt gebracht (Luhmann, 1984).

Kentheoretische implicaties

De autopoiesisbenadering heeft ook belangrijke kentheoretische implicaties, met name wat betreft de rol van de waarnemer. Zoals Probst (1987) uiteenzet, is elke waarnemer *deel* van het waargenomen systeem – bij voorbeeld als onderzoeker, adviseur, manager of werknemer. Dit betekent dat de centrale rol van objectiviteit in de positivistische kentheorie wegvalt, en wordt vervangen door een opvatting waarin elke waarnemer zelf verantwoordelijk is voor het mentale model waarmee de werkelijkheid wordt waargenomen – ofwel: wordt geconstrueerd. Daarbij komt dat waarneming holistisch van aard is, zonder dat het geheel in zijn volle omvang kan worden waargenomen (Probst, 1987). Dat wil zeggen dat waarneming selectief is, en bovendien afhankelijk van ervaringen, verwachtingen en dergelijke. Een volledig begrip van complexe systemen is derhalve niet mogelijk. Probst (1987) benadrukt ook dat het bewust worden van het doel van de waarneming en de gehanteerde mentale modellen uitermate belangrijk is. Mentale modellen passen wel of niet, maar vormen geen 'afbeelding' van een objectieve werkelijkheid (Probst, 1987). Op deze wijze wordt de constructivistische kentheorie verbonden met autopoiesis, en meer in het algemeen met de ver-van-evenwichtbenadering. Bovendien kan de verantwoordelijkheid die de onderzoeker draagt voor zijn of haar waarnemingen en de daaruit voortvloeiende acties, niet meer worden vermeden.

Toepassingen

De toepassingen van de conceptuele benadering van ver-van-evenwichtvraagstukken binnen de organisatiewetenschappen zijn vooral te vinden op het terrein van de interne organisatie. De gemeenschappelijke noemer van deze toepassingen is de rol van zelforganiserende processen in een wereld die wordt gedomineerd door niet-lineariteiten. Zo laat Goldstein (1988) zien dat weerstand tegen verandering in een ver-van-evenwichtsituatie eigenlijk een zelforganiserend proces is dat een constructieve bijdrage levert aan veranderingen. Andere toepassingen hebben bijvoorbeeld betrekking op het belang van het *creëren* van informatie in zelforganisatie (Nonaka, 1988), *zelforganisatie in en van topmanagementteams* (Romme, 1995) en de rol van hiërarchie in zelforganiserende systemen (van Olfen & Romme, 1995).

EEN EERSTE VERGELIJKING

De mathematische en conceptuele benaderingen vor-

men tot op heden nog relatief zelfstandige stromingen in de literatuur. Een eerste vergelijking van beide stromingen leidt tot ten minste twee algemene observaties. In de eerste plaats is de mathematische stroming een positieve theorie. Wat chaostheoretici proberen te doen, is het beschrijven en analyseren van de werkelijkheid zoals die zich aan ons voordoet: is het mogelijk schijnbaar stochastische fenomenen te verklaren aan de hand van de werking van niet-lineaire deterministische systemen? De zelforganisatieliteratuur wordt daarentegen gedomineerd door normatieve bijdragen. Veel toepassingen van de zelforganisatiebenadering monden uit in adviezen, waarbij wordt aangegeven hoe organisaties zich zouden moeten gedragen. Dit karaktersverschil tussen beide stromingen verklaart deels waarom de managementimplicaties van de mathematische chaostheorie onuitgesproken zijn gebleven, terwijl in de conceptuele benadering legio organisatorische consequenties zijn beschreven (en voorgeschreven). Hierop komen we verderop terug.

In de tweede plaats gaan achter het ogenschijnlijk identieke jargon enkele belangrijke verschillen schuil. In dit verband is de uiteenlopende invulling van twee sleutelbegrippen in de twee stromingen, evenwicht en niet-lineariteit, illustratief. Met het begrip evenwicht bedoelen vertegenwoordigers van de mathematische chaostheorie (bij voorbeeld: van Witteloostuijn en van Lier, 1990) iets anders dan de aanhangers van het conceptuele zelforganisatiegedachtengoed (bij voorbeeld: Probst, 1987; Romme, 1995). Wat in de mathematische chaostheorie een evenwicht wordt genoemd, is vanuit het gezichtspunt van de conceptuele zelforganisatie-onderzoeker meestal een onevenwichtigheid. De chaotische patronen die specifieke niet-lineariteiten kunnen genereren, zijn wiskundige evenwichten: de modeleigenschappen determineren volledig het ontstaan van het grillige patroon dat chaos wordt genoemd. In het navolgende gebruiken wij evenwicht in de conceptuele zin van het woord, omdat deze het meeste overeenkomt met de lekeninterpretatie van evenwicht als een toestand van rust, regelmaat en (dus) voorspelbaarheid.

Met betrekking tot de rol van niet-lineariteit moet de argumentatie subtieler zijn. In de mathematische chaostheorie is immers aangetoond dat (i) slechts specifieke (\cap -)vormen van niet-lineariteit kunnen leiden tot chaotische uitkomsten en (ii) zelfs binnen deze klasse van niet-lineariteiten chaotische patronen alleen worden gegenereerd binnen specifieke parameterintervallen. Met andere woorden: niet-lineariteit is op zich zelf geen voldoende voorwaarde voor het optreden van chaos – integendeel. Helaas wordt in bijdragen aan de conceptuele benadering veelal niet precies duidelijk om welke niet-lineariteiten het gaat, laat staan of en wanneer de betreffende niet-lineariteiten chaos kunnen produceren. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in de conceptuele benadering (impliciet) wordt verondersteld dat de dynamische complexiteit van de betreffende (potentiële) chaotische systemen zodanig is dat deze

slechts in beperkte mate te modelleren is met beschikbare hulpmiddelen uit de wiskunde. Uit deze veronderstelling vloeit voort dat kwalitatieve methoden belangrijk worden, met name in de vorm van het zoeken naar de kwalitatieve patronen die in de tijd steeds weer terugkeren (Stacey, 1993). Sommige mathematische chaostheoretici pleiten overigens voor eenzelfde soort onderzoekstrategie, mede omdat het adequaat modelleren van transformatiesystemen een enorme hoeveelheid kwantitatieve data vereist – wellicht meer dan de meeste onderzoekers zich kunnen permitteren (Gregersen & Sailer, 1993).

Een eerste aanzet tot een omvattende interpretatie en integratie van beide stromingen, met de voornoemde kanttekeningen in het achterhoofd, kan worden ontleend aan Jantsch (1980) en Morgan (1986). In beide bijdragen is de teneur dat de twee stromingen in grote lijnen goed met elkaar zijn te verenigen. De termen zelforganisatie en autopoiesis zijn congruent, en worden door sommige auteurs ook als inwisselbaar gehanteerd (Jantsch, 1980; Morgan, 1986). In chaostheoretische termen betreft zelforganisatie een proces van begrensde instabiliteit dat wordt volgehouden door continue en selectieve energie-uitwisseling met de omgeving. Het autopoiesisbegrip is hiermee verenigbaar, en benadrukt met name het belang van het behoud van identiteit. Ook chaos als begrensde instabiliteit komt in de autopoiesisliteratuur terug (bijvoorbeeld bij Luhmann, 1984), hoewel niet precies in die bewoordingen. De belemmering die wederzijdse kruisbestuiving tot dusverre heeft geblokkeerd, zijn de sterk uiteenlopende voertalen: wiskunde versus woorden. De verwarring rond beide sleutelbegrippen – evenwicht en niet-lineariteit – is in dit verband tekenend. Keer op keer blijkt deze taalkloof de communicatie ernstig te bemoeilijken (van Witteloostuijn, 1992).

Implicaties voor de (neo)contingentiebenadering

Voor onderzoek en theorievorming in de organisatie-wetenschappen zijn de implicaties voor het (neo)contingentiebegrrip wellicht het belangrijkste. Ten aanzien van deze implicaties zijn ten minste drie scenario's mogelijk. Deze mogelijke implicaties hebben vanzelfsprekend een speculatief karakter.

In de eerste plaats verliest vanuit een chaostheoretisch perspectief het contingentiebegrrip zijn vertrouwde betekenis, eenvoudigweg omdat kleine veranderingen of verschillen in (start)condities zeer grote gevolgen kunnen hebben. Het contingentiedenken impliceert bijvoorbeeld dat grote verschillen in bepaalde condities – zoals de grootte van de organisatie en de mate van onzekerheid in de omgeving – leiden tot grote verschillen in de organisatiestructuur – bijvoorbeeld in termen van (de)centralisatie en hiërarchie. De wiskundige chaostheorie impliceert daarentegen dat kleine verschillen in condities in de loop der tijd tot zeer verschillende organisatiestructuren kunnen leiden. De vraag is natuurlijk of – en zo ja: in welke mate – (processen binnen of rondom) organisaties voldoen aan de

wiskundige condities die ten grondslag liggen aan deterministische chaos. In aansluiting hierop is in de autopoiesisliteratuur de *dubbele* contingentiegedachte ontwikkeld. Eerder in dit artikel bespraken we via het werk van Luhmann de toepassing van deze gedachte op communicatieprocessen in sociale systemen; in dat geval is wederzijds veronderstelde ofwel *dubbele* contingentie een noodzakelijke voorwaarde van alle communicatie (Luhmann, 1984). Dit idee is met name ook interessant omdat het mogelijkheden biedt om de enorme hoeveelheid kennis die op basis van het oorspronkelijke contingentieconcept is opgebouwd een plek te geven in het ver-van-evenwichtdenken.

In de tweede plaats doemen vanuit de mathematische chaostheorie echter de contouren op van een *metacontingentiebenadering* (Van Witteloostuijn & Boone, 1996). Chaotische regimes bestaan alleen bij de gratie van specifieke parameterintervallen. Deze intervallen kunnen groter en kleiner – zelfs zeer klein – zijn, afhankelijk van de modeleigenschappen. Deze parameterintervallen determineren het bereik van de ver-van-evenwichtbenadering. Binnen dat bereik kan de traditionele contingentietheorie weinig betekenen: de relevante contingenties zijn immers voortdurend – en onvoorspelbaar – in beweging. Daarbuiten bestaat echter nog altijd de bekende contingentiewereld, waarin regelmaat en voorspelbaarheid schering en inslag zijn. De sleutelvraag is natuurlijk: hoe belangrijk zijn niet-lineaire systemen voor het organisatieleven van alledag, en hoe groot zijn de chaotische parameterintervallen in deze zelfde praktijk?

In de derde plaats is chaos *zelf* een contingentie. Chaos is onzekerheid in de vorm van begrensde instabiliteit. De rol van onzekerheid als contingentiefactor heeft in de traditionele literatuur altijd veel aandacht gekregen, en is sinds lange tijd een standaardonderdeel van vele leerboeken terzake. De vraag is of de soms extreme onzekerheid die met chaos gepaard gaat, andere consequenties heeft dan de 'gewone' onzekerheid in de contingentieliteratuur. Hoe moeten organisaties zich gedragen in een chaotische context? Wat moet een organisatie doen om te overleven in een niet-lineaire omgeving? Juist op deze vragen heeft de conceptuele zelforganisatieliteratuur antwoorden proberen te vinden. Daarover gaat de volgende paragraaf.

IMPLICATIES VOOR ORGANISATIES

Of de niet-lineaire theorieën nu nieuwe wijn of oude wijn produceren, zeker is dat de ver-van-evenwichtbenaderingen zich op een hoog niveau van abstractie afspelen. Binnen de mathematische benadering bestaat het gevaar dat de theoretici verzanden in *l'art pour l'art*. Vrijwel elke lezer van de toepassingen van bij voorbeeld Rand (1978) en Dana & Montuocchio (1986) zal dat beamen. Vaak ontstaat de indruk dat de onderzoekers slechts op zoek zijn naar een quasi-toepassing van de nieuwste mathematische technieken. De conceptuele benadering heeft zijn eigen valkuil in de vorm van het produ-

ceren van prietpraat en gebakken lucht. Moeilijke woorden en nieuw jargon worden ogenschijnlijk ordentelijk, maar feitelijk zinloos, gerangschikt. Gelukkig is het ook mogelijk deze valkuilen te vermijden. Dan kan de vraag naar de relevantie van de nieuwe inzichten voor de praktijk worden beantwoord: wat zijn dan de concrete implicaties voor het handelen van bijvoorbeeld leidinggevendenden of adviseurs? Anders gezegd: heeft de ver-van-evenwichtbenadering implicaties voor het reilen en zeilen van organisaties?

De mathematische benadering heeft vooralsnog weinig tot geen aandacht besteed aan de managementimplicaties van de bevindingen. Dat hoeft geen verbazing te wekken: de wiskundige chaostheorie heeft immers vooral ingang gevonden in de algemeen- en wiskundig-economische literatuur, en heeft een sterk theoretisch karakter. Desalniettemin is het mogelijk op basis van de bestaande modellen ten minste één fundamentele implicatie te destilleren: chaotische markten zijn fundamenteel onvoorspelbaar. De managementimplicaties van deze extreme toestand van onzekerheid over de directe taakomgeving maakt het leven van een manager moeilijk. Dat inzicht is van oudsher te vinden in de organisatieliteratuur. De cruciale dubbelvraag is nu hoe chaotische markten kunnen worden herkend, en hoe het management daarop in kan spelen? De eerste deelvraag vergt een bespreking van nieuwe, complexe econometrische technieken. Daarvoor is hier geen plaats. Op de tweede deelvraag heeft juist de conceptuele zelforganisatiebenadering antwoorden proberen te vinden.

De conceptuele zelforganisatieliteratuur geeft een groot aantal suggesties ter stimulering van het zelforganiserend vermogen van en in organisaties. Een aantal belangrijke overwegingen zijn de volgende:

- a. Zoals al eerder aangegeven, is het identificeren en nauwkeurig beschrijven van kwalitatieve (dynamische) patronen van groot belang voor leidinggevendenden en adviseurs die greep willen krijgen op de sectorale of bedrijfskundige systemen waarin zij werkzaam zijn. Instrumenten hiervoor zijn ontwikkeld door bijvoorbeeld Senge (1990), die op basis van de systeemdynamica een aantal algemene kwalitatieve patronen ofwel archetypen beschrijft (zie ook Dillen & Romme, 1995).
- b. Een tweede soort overweging die van belang is voor leidinggevendenden in ver-van-evenwichtsystemen, betreft hun rol in netwerken van kleine groepen binnen en buiten de eigen organisatie. Het zelforganiserende karakter van dergelijke (voornamelijk informele) netwerken stelt de deelnemers in staat om enerzijds tijdig 'zwakke' signalen op te pikken die van belang kunnen zijn voor hun organisatie en anderzijds op een flexibele wijze in te spelen op het soort van spontane processen die in elke organisatie veelvuldig voorkomen (Stacey, 1993; Wheatley, 1992).
- c. Een derde overweging heeft betrekking op de moge-

lijkheden om het zelforganiserend vermogen van groepen op de werkvloer te verhogen. Uit onderzoek op dit terrein blijkt dat zelforganisatie geen substituut is voor maar juist een aanvulling vormt op andere vormen van organiseren, zoals het standaardiseren van werkprocessen. Bovendien wordt het zelforganiserend vermogen van de taakgroep belangrijker in ver-van-evenwichtomstandigheden. Tenslotte blijkt dat bewustzijn en reflectie ten aanzien van zelforganisatie niet voldoende zijn, maar dat ook onder meer veranderingen nodig zijn in de structuur van taken en groepen, mogelijkheden voor participatie, en stijlen van leiderschap (Molleman & van der Zwaan, 1994; Smith & Comer, 1994).

OUDE WIJN IN NIEUWE ZAKKEN?

Op basis van de inventarisatie van de managementimplicaties van de ver-van-evenwichtbenadering lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat we hier te maken hebben met oude wijn in nieuwe zakken. Dat de toekomst fundamenteel onvoorspelbaar kan zijn, is reeds lang bekend uit de literatuur over stochastische processen; dat het zelforganisatie- of leervermogen van organisaties cruciaal is in een complexe en dynamische omgeving wordt al decennia lang in allerlei varianten betoogd. Een vergelijkbare conclusie kan worden getrokken ten aanzien van kennis uit de literatuur over veranderingsmanagement (over het belang van informele netwerken) en de sociotechnische literatuur (over zelforganisatie op de werkvloer). Dat de wijn oud is, betekent echter niet dat de nieuwe zak weinig heeft toe te voegen aan de huidige stand van kennis. Juist de nieuwe zak van de ver-van-evenwichtbenadering is uiterst waardevol omdat deze in staat is het enorme scala van bestaande – oudere en nieuwere – inzichten in te bedden in een integratief perspectief. In de context van het ver-van-evenwichttraamwerk vallen veel stukken van de puzzel op hun plaats. Dit geldt bijvoorbeeld voor het belang van participatie door managers in informele netwerken van kleine groepen. Dit stuk van de puzzel is in de normatieve literatuur over veranderingsmanagement algemeen bekend (zie bijvoorbeeld: Plant, 1987), maar wordt in andere deeldisciplines van de organisatiewetenschappen systematisch genegeerd.

De conclusie kan derhalve zijn dat de ver-van-evenwichtbenadering geen modeverschijnsel is, maar een brede waaier van bestaande concepten en inzichten een plaats geeft in een integratief kader. In veel gevallen hebben de managementimplicaties van de ver-van-evenwichtbenadering niets nieuws te bieden. Vanzelfsprekend blijft verder de evenwichtbenadering van belang naast het ver-van-evenwichtperspectief. Dit wordt in toenemende mate onderkend in de literatuur, maar het vraagstuk van het combineren van (de implicaties van) beide benaderingen is helaas nog vrijwel niet onderzocht (Stacey,

1993). Dit is begrijpelijk omdat binnen de ver-van-evenwichtbenadering eerst nog een aantal gemeenschappelijke uitgangspunten en termen dienen te worden geformuleerd. In dit artikel hebben we geprobeerd een aanzet tot een dergelijk gemeenschappelijk kader te schetsen.

Duidelijk is wel dat de ver-van-evenwichtbenadering een geheel ander ordeningsprincipe aanwijst, namelijk zelforganisatie, dan ordeningsprincipes zoals beheersing en strategische keuze die vanuit het (neo)contingentiebegrip worden aangedragen. Hoewel het spanningsveld tussen zelforganisatie en bijvoorbeeld strategische keuze al erg lang in de bedrijfskundige literatuur wordt onderkend, was er tegelijkertijd sprake van een gebrekkige theoretische onderbouwing van het principe van zelforganisatie. De ver-van-evenwichtbenadering verschaft een dergelijke onderbouwing.

NOOT

1. Onze dank gaat uit naar Christophe Boone en Woody van Olffen voor diverse gedachtenwisselingen op basis waarvan dit artikel is geschreven en herschreven, en naar twee referenten voor hun commentaar en adviezen.

LITERATUUR

- Baumol, W.J. en J. Benhabib, 'Chaos: significance, mechanism, and economic applications', *Journal of Economic Perspectives*, 1989/3, pp. 297-318.
- Benhabib, J. en R.H. Day, 'Erratic accumulations', in: *Economics Letters*, 1980/6, pp. 113-117.
- Benhabib, J. en R.H. Day, 'Rational choice and erratic behavior', in: *Review of Economic Studies*, 1982/48, pp. 459-472.
- Blom, T., 'De zelforganisatie van de sociale werkelijkheid', in: *Kennis en methode*, 1988/12, pp. 236-255.
- Bourgeois, L.J., 'Strategic management and determinism', in: *Academy of Management Review*, 1984/9, pp. 586-596.
- Brock, W.A., 'Distinguishing random from deterministic systems: abridged version', in: *Journal of Economic Theory*, 1986/40, pp. 168-195.
- Burgelman, R.A., 'Corporate entrepreneurship and strategic management: insights from a process study', in: *Management Science*, 1983/29, pp. 1349-1364.
- Burns, T. en G. Stalker, *The Management of Innovation*, Tavistock, Londen 1961.
- Cartwright, T.J., 'Planning and chaos theory', in: *Journal of the American Planning Association*, 1991/57, pp. 44-56.
- Dana, R.A. en L. Montrucchio, 'Dynamic complexity in duopoly games', in: *Journal of Economic Theory*, 1986/40, pp. 40-56.
- Dillen, R.J.C. en A.G.L. Romme, 'Leren door organisaties', in: *M&O: tijdschrift voor management en sociaal beleid*, 1993/47, p. 100-102.
- Freedman, D.H., 'Is management still a science?', in: *Harvard Business Review*, November-December 1992, pp. 26-38.
- Gleick, J., *The Making of a New Science*, William Heinemann, Londen 1988.
- Goldstein, J., 'A far-from-equilibrium systems approach to resistance to change', in: *Organizational Dynamics*, 1988/17, pp. 16-26.
- Granovetter, M. en R. Soong, 'Threshold models of interpersonal effects in consumer demand', in: *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1986/7, pp. 83-99.
- Gregersen, H. en L. Sailer, 'Chaos theory and its implications for social science research', in: *Human Relations*, 1993/46, pp. 777-802.
- Hannan, M.T. en J. Freeman, 'The population ecology of organizations', in: *American Journal of Sociology*, 1977/82, pp. 929-964.
- Hommel, C.H., 'Chaostheorie in de economie', in: *Economisch Statistische Berichten*, 1995/80, pp. 58-62.
- Huff, J.O., A.S. Huff en H. Thomas, 'Strategic renewal and the interaction of cumulative stress and inertia', in: *Strategic Management Journal*, 1992/13 (themanummer over 'Strategy Process Research'), pp. 55-75.
- Iannaccone, L.R., 'Bandwagons and the threat of chaos: interpersonal effects revisited', in: *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1989/11, pp. 431-442.
- Jantsch, E., *The Self-Organizing Universe*, Pergamon, Oxford 1980.
- Jarsulic, M., 'A nonlinear model of the pure growth cycle', in: *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1993/22, pp. 133-151.
- Johnson, G., en K. Scholes, *Exploring Corporate Strategy* (derde editie), Prentice-Hall, New York 1993.
- Kelsey, D., 'The economics of chaos or the chaos of economics', in: *Oxford Economic Papers*, 1986/40, pp. 1-31.
- Levy, D., 'Chaos theory and strategy: theory, application, and managerial implications', in: *Strategic Management Journal*, 1994/15, pp. 167-178.
- Luhmann, N., *Soziale Systeme: Grundriss einer Allgemeinen Theorie*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1984.
- Maturana, H. en F. Varela, *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*, Reidel, Londen 1980.
- May, R.M., 'Single mathematical dynamics with very complicated dynamics', in: *Nature*, 1976/276, pp. 458-467.
- Molleman, E. en A. van der Zwaan, 'Grenzen van zelforganisatie', in: *Gedrag en organisatie*, 1994/7, pp. 451-471.
- Morgan, G., *Images of Organization*, Sage, Beverly Hills 1986.
- Nicolis, G. en I. Prigogine, *Self-organization in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order Through Fluctuations*, Wiley, New York 1977.
- Nonaka, I., 'Creating organizational order out of chaos: self-renewal in Japanese firms', in: *California Management Review*, 1988/39, pp. 57-73.
- Olffen, W. van en A.G.L. Romme, 'The role of hierarchy in self-organizing systems', in: *Human Systems Management*, 1995/14, pp. 199-206.
- Peters, E.E., *Chaos and Order in Capital Markets: A New View of Cycles, Prices and Market Volatility*, Wiley, New York 1991.
- Plant, R. *Managing Change and Making It Stick*, Gower, Aldershot 1987.
- Prigogine, I., *From Being to Becoming*, Freeman, San Francisco 1980.
- Probst, G.J.B., *Selbst-Organisation: Ordnungsprozesse in Sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht*, Paul Parey, Berlin 1987.
- Rand, D., 'Exotic phenomena in games and duopoly models', in: *Journal of Mathematical Economics*, 1978/5, pp. 173-184.
- Romme, A.G.L., 'Self-organizing processes in top management teams: a Boolean comparative approach', in: *Journal of Business Research*, 1995/34, pp. 11-34.
- Rovers, A.M.L., *Management & zelfmanagement*, Nelissen, Baarn 1992.
- Simic Bronn, P., G. von Krogh en S. Vicari, 'Auto-what? A new perspective on corporate self-awareness', in: *European Management Journal*, 1993/11, pp. 342-346.
- Smith, C. en D. Comer, 'Self-organization in small groups: a study of group effectiveness within non-equilibrium conditions', in: *Human Relations*, 1994/47, pp. 553-

581.

Stacey, R.D., *The Chaos Frontier: Creative Strategic Control for Business*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1991.

Stacey, R.D., *Strategic Management and Organisational Dynamics*, Pitman, Londen 1993.

Stanton, A., *Invitation to Self-Management*, Dab Hand Press, Middlesex 1989.

Stewart, I., *Does God Play Dice? The Mathematics of Chaos*, Blackwell, Oxford 1989.

Wheatley, M.J., *Leadership and the New Science*, Berret-Koehler, San Francisco 1992.

Wijnberg, N.M. en F.H.A. Janszen, 'Chaos, catastrofe, zelf-organisatie & bedrijfskunde', in: *Bedrijfskunde*, 1993/2, pp. 71-79.

Witteeloostuijn, A. van, 'Economic psychology and socio-economics: an essay on discourse strategies and research potentials', in: Antonides, G., W. Arts en W.F. van Raaij (red.), *The Consumption of Time and the Timing of Consumption: Toward a New Behavioral and Socio-Economics*, North-Holland, Amsterdam 1992, pp. 232-242.

Witteeloostuijn, A. van en C.A.J.J. Boone, 'Industriële organisatie en chaostheorie', in: *Tijdschrift voor economie en management*, in druk.

Witteeloostuijn, A. van en A. van Lier, 'Chaotic patterns in Cournot competition', in: *Metroeconomica*, 1990/41, pp. 161-185.

Zeleny, M. (red.), *Autopoiesis: A Theory of Living Organization*, North-Holland, New York 1981.